科技强国主要科技指标体系比较研究

张志强[1*]　田倩飞[1,2]　陈云伟[1]

1 中国科学院成都文献情报中心　成都　610041

2 中国科学院大学　北京　100049

摘要　我国已经提出到2035年跻身创新型国家前列、到2050年建成世界科技强国的科技发展战略目标，创新型国家前列、科技强国可以用哪些定量和定性指标予以描述就需要深入研究。文章围绕我国提出的跻身创新型国家前列和建设世界科技强国的战略目标和任务，以国际上有关国家竞争力和创新能力评价的主要代表性指标体系和研究报告为基础，研究梳理出描述科技强国的重要的、典型的科技指标体系。通过与美国等世界科技强国在各主要指标上的表现展开横向对标分析，揭示我国在主要科技指标上的表现与差距，提出我国到2035年跻身创新型国家前列和到2050年建成世界科技强国的定量与定性指标目标，以及相关发展建议。

关键词　创新型国家，科技强国，评价指标体系，科技指标

DOI　10.16418/j.issn.1000-3045.2018.10.006

2016年5月，我国发布的《国家创新驱动发展战略纲要》提出了科技发展“三步走”的战略目标：到2020年进入创新型国家行列；到2030年跻身创新型国家前列；到2050年建成世界科技强国，成为世界主要科学中心和创新高地。2017年10月，党的十九大报告规划了我国建设社会主义现代化强国的宏伟蓝图，明确了加快建设创新型国家、建设世界科技强国的战略任务。因此，在未来30多年的发展中，加快建设创新型国家、建成世界科技强国，是摆在科技界面前的重大发展任务；如何建设世界科技强国也是科技界需要研究和回答的重大课题。为了做好科技强国建设的科技规划和政策选择、凝聚科技界力量为科技强国建设而奋斗，就需要认真地研究和回答：什么是科技强国？科技强国有哪些主要标志和特征？如何建成世界科技强国？科技强国可以用哪些主要的科技指标予以量化评价和描述？

围绕科技强国建设，国内已经开展了一些研究和讨论。例如，白春礼[1]针对“科学谋划和加速建设世界科技强国”提供了思路建议。穆荣平等[2]从经济发展、社会进步、人才集聚、科技革命机遇等方面提出了建设科技强国的多种可能路径。柳卸林等[3]针对“更快地实现建设世

*通讯作者

资助项目：中国科学院战略研究与决策支持系统建设专项（GHJ-ZLZX-2017-31），中国科学院政策调研课题（ZYS-2018-07）

修改稿收到日期：2018年10月6日

界科技强国的目标”提出了我国进行体制创新的相关建议。中国科学院不少学者从国际角度回顾代表性科技强国的建设之路，及从历史角度分析我国科技发展历程，提出科技创新的战略目标、重点任务与政策举措等意见建议[4]，为我国建设世界科技强国提供战略选择。恒大研究院任泽平等从全球视角[5]、关键领域视角[6]和体制视角[7]研究了“中美科技实力对比”。《科技日报》开辟“亟待攻克的核心技术”专栏[8]，梳理了我国需要重点突破的关键核心技术。这些研究对理清建设科技强国的思路无疑是有帮助的。但现有研究多数是针对科技强国的定性讨论和分析，对我国要建成世界科技强国应实现哪些不可回避的科技指标的研判和分析工作还不多。只有极少数研究涉及科技强国发展的评价指标，如胡志坚等[9]基于中国科学技术发展战略研究院发布的《国家创新指数报告》，从指标发展趋势和潜力分析的视角指出我国科技创新发展的近期和中长期努力方向，但所讨论的指标尚不全面。

国际上关于国家创新能力和竞争力的评价指标体系和评价研究已有较长历史，其中不乏业界较为认可的代表性研究。本文以国际上有关国家创新能力和竞争力的重要代表性评价指标体系和研究结果为基础，遴选刻画国家科技创新能力的重要、典型的科技指标，并对美国等世界科技强国与中国在各主要科技指标上的表现展开横向对标分析，以揭示世界科技强国在主要科技指标上的发展态势，并观察我国在主要科技指标上的发展差距与努力方向，试图提出我国科技强国建设的定量与定性指标目标。

1 关于科技强国的基本认识

德国商业理论家冯·霍尼西指出，“一个国家当前富强与否，不取决于它本身拥有的力量和财富，而主要取决于邻国力量的大小与财富的多寡”。所以，一个国家强大与否，主要不是从自身角度去进行纵向比较，因为从自身角度纵向比较，一般而言任何国家都比其历史上强大；一个国家是否强大主要取决于与其他国家的横向比较，而且这种比较应当是全方位的。但限于本文聚焦的问题，本文只从科技的角度予以讨论。

（1）世界科技强国必须是创新型国家[10]。目前基于国际上较为认可的创新型国家排名体系，一般认为创新型国家为20—25个左右。但其实这些指数化的排名结果是一种均衡化的处理结果，掩盖了国家体量和人口规模这两个重要影响要素，一些排名靠前（进入创新型国家前列）的小国（人口数量与国土面积均小）与人们对科技强国的认知还是有一些距离的[5]。世界科技强国必须在主要科技领域具有压倒性优势，应当是世界原创性知识产出强国、技术产出强国和科技新产业创造强国。

（2）科技强国要有一定的体量和规模。科技强国需要有相当的国土空间、人口体量和经济规模等。进入创新型国家行列的小国家由于其国土面积和人口规模小、科技与产业体系不完整，因此难以成为世界公认的科技强国，尽管这些创新型小国的创新经验可以借鉴。冯江源[11]也指出，成为世界或地区大国是成为强国的前提。

（3）当今大国型科技强国主要有5个国家——美国、英国、德国、法国、日本。英国、法国、德国、美国、日本等国都曾分别抓住前3次世界产业革命的机遇而先后成为国际公认的世界科技强国。俄罗斯在苏联时代无疑是世界科技强国，但现在已经明显落后。因此，迄今世界科技强国也就是美国、英国、德国、法国、日本等[5]。这些科技强国处于两个方阵，第一方阵是美国，其他国家处于第二方阵，而其中真正意义上的领导型世界科技强国就是美国。中国成为世界科技强国的对标国家，只能是美国、英国、德国、法国、日本等国际公认的大国型世界科技强国，从根本上说其实就是美国。

为此，本文选取美国、英国、德国、法国和日本这5个科技强国作为对标国家，观察国际上国家创新能力和竞争力的权威评价体系所采用的主要科技指标，揭示中国在典型科技指标上的表现以及与这5个科技强国，特别是与美国的差距，并尝试提出中国跻身创新型

国家前列与建成世界科技强国的主要科技指标目标。

2 国家创新能力主要科技指标

为有效评估和对比世界各国/地区的创新能力和竞争力，诸多国际组织、学术机构等已相继开发出多个有关国家创新能力和竞争力的评价指标体系，并基于这些评价指标体系发布了一系列关于国家创新能力或竞争力的评价报告[12]。本文选取国际上有关国家创新能力和竞争力评价的影响力大、测度范围广的 8 份评价指标体系及评价研究报告进行剖析，梳理各指标体系的指标设置与特点、覆盖范围、年度结果等信息，归纳出与科技相关的指标（表 1）。

从 3 份最具代表性的国家创新能力/竞争力评价报告（《全球竞争力报告》《世界竞争力年鉴》《全球创新指数》）来看，近 5 年我国创新能力/竞争力全球排名总体呈现上升趋势（图 1），已经逐步进入创新型国家行列。

尽管上述评价体系的观察角度、思考层次、考察重心并不完全一致，但其评价维度总体可归纳为以下几个方面：政策制度、基础设施、科技研发、金融投入、人力资本、知识资产等。除《世界竞争力年鉴》报告因需付费获取而未详细分析其指标外，对其余 7 份报告的指标进行逐一判断，提取出与“科技研发”密切相关的指标（表 2）。可以发现，在这些评价体系中主要的科技指标包括：研发投入强度、研发人员比例、科技论文数量及其影响力、国际专利申请（PCT）数量、知识产权支付与收入、高技术进口与出口等。

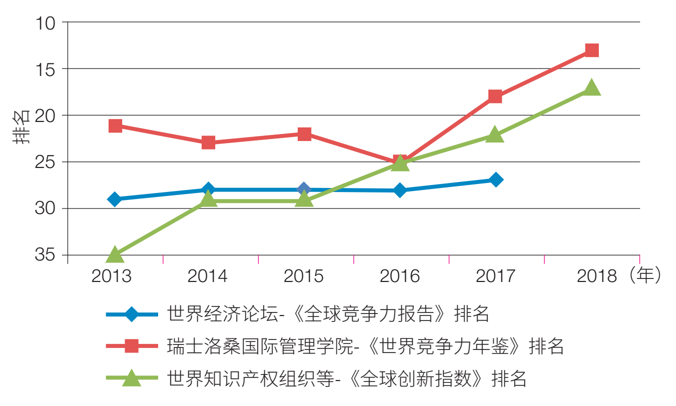


图 1　中国 2013 年以来创新能力和竞争力全球排名上升趋势

表 1　国际上代表性的国家创新能力和竞争力评价体系/报告及其特点

序号	报告	发布机构	起始时间（年）	最新发布时间（年.月）*	评价体系与指标	覆盖国家/地区
1	《全球竞争力报告（GCI）》[13]	世界经济论坛（WEF）	1979	2017.9	3个层面——基础条件、效能提升和创新成熟度；12个支柱性因素；114项指标	137个
2	《世界竞争力年鉴》[14]	瑞士洛桑国际管理学院（IMD）	1989	2018.5	4大要素——经济运行、政府效率、企业效率和基础设施；260项指标	63个
3	《全球创新指数（GII）》[15]	世界知识产权组织（WIPO）、康奈尔大学、欧洲工商管理学院	2007	2018.7	2类指标——创新投入、创新产出；80项指标	126个
4	《科学技术工业（STI）记分牌》[16]	经济合作与发展组织（OECD）	1999	2017.11	5个方面——知识、人才和技能，卓越研究与合作，企业创新，领导力与竞争力，以及社会与数字转型；约200项指标	约60个
5	《欧洲创新记分牌（EIS）》[17]	欧盟创新政策研究中心	2001	2017.6	4个方面——框架条件、投资、创新活动和影响；10个创新维度；27项指标	约50个
6	《科学与工程指标（SEI）》[18]	美国国家科学基金会（NSF）	1973	2018.1	8大方面——中小学数学与科学教育、科学与工程高等教育、科学与工程劳动力、研发、学术研发、工业/技术/全球市场、公众对科学与技术的理解、发明/知识转移和创新；100多项指标	约40个
7	《全球创造力指数（GCI）》[19]	加拿大马丁繁荣研究所	2004	2015.7	3个方面——技术、人才和宽容度；6项指标	139个
8	《欧洲科学、研究和创新绩效报告》[20]	欧盟委员会研究与创新总署	2016	2018.2	5个方面——经济就业、研发投资、科技产出、框架背景、商业环境；189项指标	约40个

* 统计时间截至2018年9月

表 2　国家创新能力和竞争力评价体系中与“科技研发”密切相关的指标

报告	研发开支相关指标	研发人员相关指标	高等教育相关指标	论文相关指标	知识产权相关指标
《全球竞争力报告（GCI）》	-	-	高等教育入学率	-	每百万人口PCT申请数量比值
《全球创新指数（GII）》	R&D（研发）投入强度；R&D开支前3公司的平均研发额度	每百万人口R&D人员（全时当量）数量	高等教育入学率；科学与工程毕业生比例；国外学生比例	每10亿美元GDP（购买力平价）的科技论文数量；H指数	在2个或更多专利局申请的专利家族数量；知识产权支付占全部贸易之比；高技术进口占全部贸易之比；本国专利申请；每10亿美元GDP（购买力平价）的PCT专利申请数量；知识产权收入占全部贸易之比；高技术出口占全部贸易之比
《科学技术工业（STI）记分牌》	R&D投入强度（部分经济体）及趋势	每千就业人员中的R&D人员数量	自然科学与工程领域的高等教育毕业生	论文高被引经济体；高被引（TOP10%）论文比例	ICT（信息和通信技术）相关的专利/商标/设计
《欧洲创新记分牌（EIS）》	公共部门（政府与高校）R&D投入强度	知识密集型活动的就业比例	25—34岁人群每千人博士毕业生数量；25—34岁人群高等教育毕业生比例	每百万人口国际合作论文数量；高被引（TOP10%）论文占比	每10亿欧元GDP（购买力平价）的PCT专利申请数量
《科学与工程指标（SEI）》	R&D开支总额及全球占比	美国/全球科技与工程劳动力	美国/国际的本科生/研究生数量	科技与工程研究论文数量	知识与技术密集型产品与服务的全球贸易趋势；美国发明与全球趋势对比
《全球创造力指数（GCI）》	R&D投入强度	-	高等教育入学率	-	每百万人口的专利数量
《欧洲科学、研究和创新绩效报告》	R&D开支与强度；公共与商业R&D强度	R&D人员（全时当量）占全部就业人员之比	高等教育开支占GDP比例；高等教育毕业生数量；25—34岁人群每千人博士毕业生数量	论文数量占全球之比；全球高被引（TOP10%和TOP1%）论文占比；每百万人口国际论文合作数量	每10亿欧元GDP（购买力平价）的PCT专利申请数量；PCT专利申请占全球之比；每10亿欧元GDP（购买力平价）的专利申请数量

3 中国创新能力的主要科技指标表现

我国要跻身创新型国家前列、建成世界科技强国，不可回避地要在诺贝尔科学奖、领域科技大奖、高被引科学家、论文专利产出、世界百强企业与大学、研发投入强度、研发人员比例、高技术产品出口、知识产权转让等与“科技研发”维度密切相关的主要科技指标上不断缩小与科技发达国家之间的明显差距，或达到相当水平甚至实现赶超。

3.1　百年诺贝尔科学奖

截至 2017 年 10 月，三大科学领域诺贝尔科学奖共颁发 328 项（次）；其中，物理学奖 111 项（次），化学奖 109 项（次），生理学或医学奖 108 项（次）。获奖人数 599 人次，共计 596 人。迄今有 27 个国家的科学家获得过诺贝尔科学奖（图 2），其中 50% 以上的诺贝尔科学奖都由美国科学家获得，高达 172 项；获奖次数超过 10 项的其他国家依次是英国（73 项）、德国（61 项）、法国（28 项）、瑞士（19 项）、瑞典

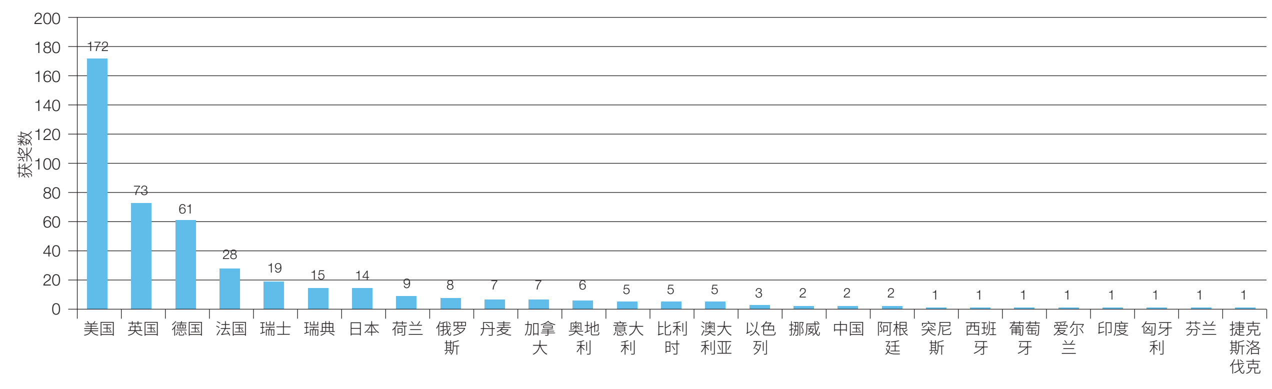


图 2　1901—2017 年诺贝尔科学奖各国获奖项数

（15项）、日本（14项）；中国（含中国香港）2项，获奖者分别是屠呦呦（2015年）和高琨（2009年）。

值得一提的是"日本诺奖计划"。日本在2000年制定的第2期《科学技术基本计划》中提出，日本要在"未来50年获得30个诺贝尔奖"。至2017年，日本已经获得诺贝尔科学奖14项（有统计为17项的，但3人获奖时为美国籍）。近些年来，日本几乎平均每年就有1位科学家获得诺贝尔科学奖，可见，日本正在一步一步实现该宏伟目标。

3.2 科技领域国际大奖

科技领域的国际大奖，直接反映的是科技领域的创新能力。为直观了解世界各国在科技领域国际奖项上的表现，选取了8大科技领域（基础前沿交叉、先进材料、能源、生命与健康、海洋、资源生态环境、信息、光电空间）以及综合领域等具代表性的23项国际重大科技奖项进行定量分析（表3和图3）。

本文选择的23项国际科技奖项自开始颁发以来，截至2018年（统计时间2018年9月30日），共有2 078人次（或团队）获得以上奖项；其中，有33名获奖者拥有多个国籍（按每国1次统计，因此数据总和是2 117），另有9名国外学者国籍不详。

统计数据表明，在主要科技领域国际重要奖项的国家分布情况上，美籍获奖人数遥遥领先，高达1 144人，占比54%。其余主要国家如英国277人，加拿大92人，法国88人，德国67人，俄罗斯65人，日本59人，而中国（包括港澳台地区）仅有14人。

表3 科技领域国际大奖选择列表

领域		奖项	起始年	设立机构/颁发机构
基础前沿交叉	数学	菲尔兹奖	1936	国际数学家联盟（IMU）
		阿贝尔奖	2003	挪威政府（Government of Norway）
	物理	狄拉克奖章	1985	国际理论物理中心（ICTP）
		费米奖	1954	美国政府机构原子能委员会
		艾夫斯奖章	1929	美国光学学会（OSA）
	化学	普利斯特里奖	1923	美国化学学会（ACS）
		戴维奖章/大卫奖章	1877	英国皇家学会（Royal Society）
先进材料		先进材料奖	2013	国际先进材料学会（IAAM）
		希佩尔奖	1976	美国材料研究学会（MRS）
能源		全球能源/国际能源奖	2003	俄罗斯全球能源协会(The Global Energy Association)
生命与健康	健康	拉斯克医学奖	1946	拉斯克基金会（Albert and Mary Lasker Foundation ）
		盖尔德纳基金会国际奖	1959	盖尔德纳基金会（Gairdner Fundation）
	现代农业	世界粮食奖	1987	世界粮食奖基金会（World Food Prize Foundation）
		世界农业奖	2013	全球农业与生命科学高等教育协会联盟（GCHERA）
海洋		斯维尔德鲁普金质奖章	1964	美国气象学会（AMS）
资源生态环境		泰勒环境成就奖	1974	美国南加州大学（University of Southern California）
		维特勒森奖	1960	美国哥伦比亚大学（Columbia University's Lamont-Doherty Earth Observatory）和维特勒森基金会（G.Unger Vetlesen Foundation）
		国际气象组织奖	1956	世界气象组织（WMO）
信息		图灵奖	1966	美国计算机学会（ACM）
光电空间		冯·卡门奖	1983	国际宇航科学院（IAA）
综合		沃尔夫奖	1978	沃尔夫基金会（Wolf Foundation）
		日本京都奖	1985	稻盛基金会（Inamori Foundation）
		克拉福德奖	1982	瑞典皇家科学院（Royal Swedish Academy of Sciences）

中国获奖者在科技奖项的学科分布上，只有14名科学家在光电空间、信息、资源生态环境、海洋、生命与健康等5个领域获奖，分别是：获得2011年和2013年度冯·卡门奖的刘纪原和吴美蓉，获得2000年度图灵奖的姚期智，获得1999年和2002年度泰勒环境成就奖的张德慈和刘东生，获得2003、2008和2016年度国际气象组织奖的叶笃正、秦大河与曾庆存，获得2017年度斯维尔德鲁普金质奖章的谢尚平，获得2011年度拉斯克医学奖的屠呦呦，获得1993年度和2004年度世界粮食奖的何康和袁隆平，以及获得1991年度与2014年度沃尔夫奖农业奖的袁隆平和杨详发。

可以看出，我国在科技领域国际奖项的占有率上表现不甚理想。在国际科技大奖获奖人数方面，与主要发达国家相比还有很大差距；在获奖学科领域分布方面，相较于美国（全部科技领域均有获奖者，特别是基础科学、生命与健康、信息、海洋与资源生态环境领域）差距尤为显著。

3.3 高被引科学家

对科睿唯安公司（Clarivate Analytics）2014、2015、2016和2017年发布的“高被引科学家”①名单进行分析发现，美国入选的高被引科学家人次遥遥领先，英国第2，德国第3，中国第4；其中2017年中国超过德国上升至第3位。比较美国、中国、英国、德国、日本各学科入选高被引科学家人次情况发现，美国绝大多数学科的高被引科学家人数远远高于其他4国，而中国入选者的学科分布极不均衡，与美国、英国、德国均有显著差距。中国入选人数较多（对排名起到决定性作用）的学科领域是材料、工程和化学。中国在空间科学、社会科学、精神病学/心理学等学科领域入选的高被引科学家数几乎为0。中国入选人次排名前5位的机构分别是中国科学院、清华大学、香港大学、中国医药大学（台湾）和北京大学。

3.4 论文专利产出

科睿唯安公司“基本科学指标”（ESI）数据库的数据显示，从2008年1月1日至2018年2月28日（检索日期为2018年3月20日），中国发表的论文总数约216.8万篇，位居全球第2，约为美国论文总数（位居全球第1）的1/2，同时也约为德国论文总数（位居全球第3）的2倍。而且中国与美国的差距在不断缩小。例如，科睿唯安WOS数据库统计显示，2017年中国发表论文42.8万篇，依然位居全球第2，数量上已达到美国的2/3。然而，中国论文的篇均被引频次（反映论文的学

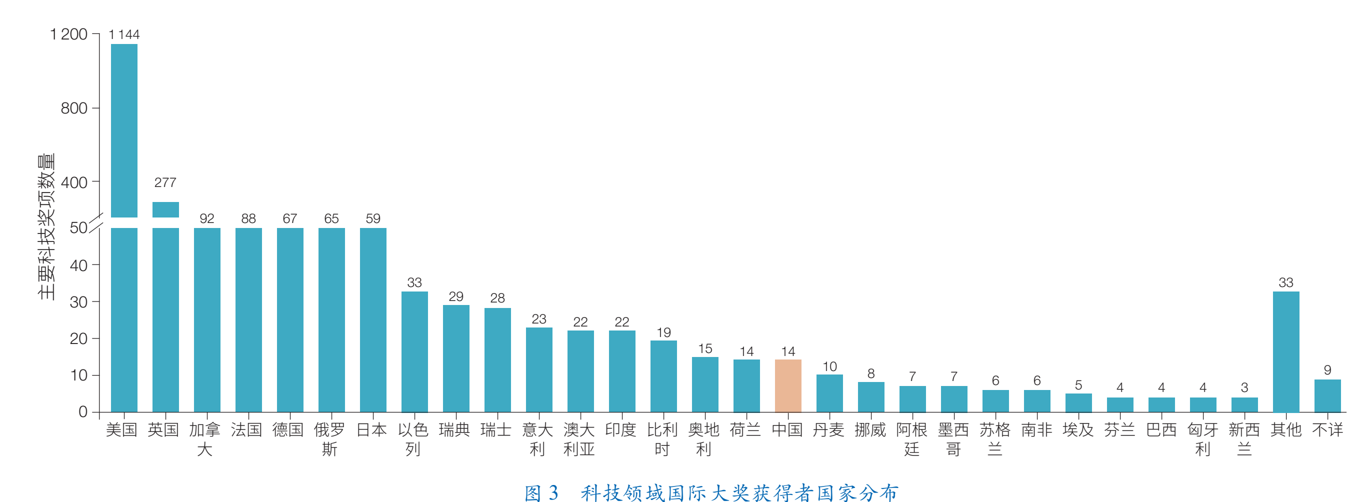


图3 科技领域国际大奖获得者国家分布

“其他”列表示获奖人数1—2的国家，如孟加拉国、塞尔维亚等，不一一列举

① 高被引科学家（Highly Cited Researchers），是指在过去近10年间（最短10年2个月，最长11年）在相应学科领域发表的高被引论文数量最多的科学家；ESI高被引论文是指ESI数据库中被引频次位于同学科、同出版年论文中前1%的论文。

术影响力）却明显低于美国、英国、德国、法国和日本等发达国家，约为美国和英国（分别排列第1和第2位）的1/2，这表明中国科技论文产出大幅快速增加，但研究的质量尚存在较大差距。

2017年我国PCT数量首次升至全球第2。但从2017年"每10亿美元GDP（购买力平价）的PCT专利申请数量"指标[21]来看（图4），中国的表现（2.1项/10亿美元GDP）略超英国（1.9项/10亿美元GDP），但与美国（2.9项/10亿美元GDP）、德国（4.6项/10亿美元GDP）、法国（2.8项/10亿美元GDP）、日本（8.9项/10亿美元GDP）仍存在较大差距。

3.5 世界百强大学与科技企业

尽管我国的论文数、高被引论文数、高被引科学家人数都已经跃升至全球前3名以内，但是我国还缺乏与上述数据总量相匹配的世界领军大学和世界级科技创新企业。

例如，在2018年"QS世界大学排名"中，中国（不含港澳台地区）仅有6所大学入围TOP100榜单，其中清华大学排名最高，位居全球第25位；而美国入围该榜单TOP100的大学连续几年都在30所左右。在2018年"泰晤士高等教育世界大学排名"中，中国（不含港澳台地区）仅有2所大学入围TOP100榜单，其中北京大学位居全球第27位，清华大学排在第30位；而美国入围该榜单TOP100的大学连续几年都在40所以上。另外，在科睿唯安2018年1月发布的"全球100强技术领导企业"榜单中，中国大陆仅有华为1家科技企业入围。在科睿唯安2018年4月发布的"2017年全球百强创新机构"中，日本、美国两国占75%，成为名副其实的全球创新中心，中国仍只有华为公司入围。

3.6 研发投入强度

我国研发投入强度稳步提升，从2000年的0.90%升至2016年的2.11%。2017年我国研发投入强度达到2.12%，其中基础研究占研发经费的比重为5.3%。如图5所示，2016年美国、德国、法国和日本4国的研发投入强度分别为2.74%、2.94%、2.25%和3.14%。研发投

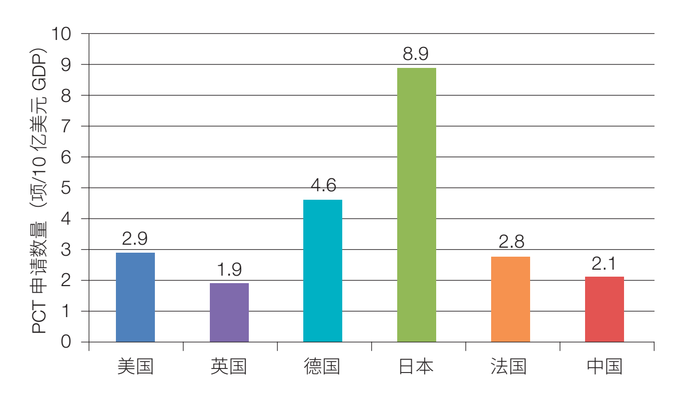


图4 2017年中国与科技发达国家的每10亿美元GDP（购买力平价）的PCT申请数量

数据来源：WIPO数据库

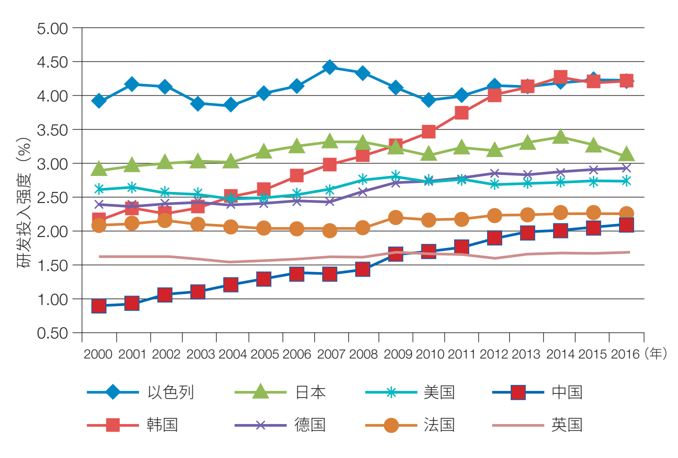


图5 2000—2016年中国与科技发达国家研发投入强度比较

数据来源：OECD数据库

入强度位居全球前两位的国家是以色列和韩国，两国的研发投入强度分别高达4.25%和4.24%[22]。

3.7 研发人员比例

就业人员中的研发人员比例也是反映国家创新能力的重要指标。如图6所示，2016年我国研发人员占就业人员的比例为0.218%，而美、英、德、法、日等5国的相应比例分别为0.914%（2015年）、0.918%（2016年）、0.919%（2016年）、1.012%（2015年）、0.996%（2016年），研发人员比例最高的两个国家是以色列和丹麦，其比例接近或超过1.5%（2016年）[23]。

当然，我国人口基数庞大，不太可能追求在研发人员比例这一指标上在全球排位靠前，但在迈向创新型国家前列、建设科技强国的征程上，一定程度提升研发人员比例、拓展研发人员规模是必不可少的选项。

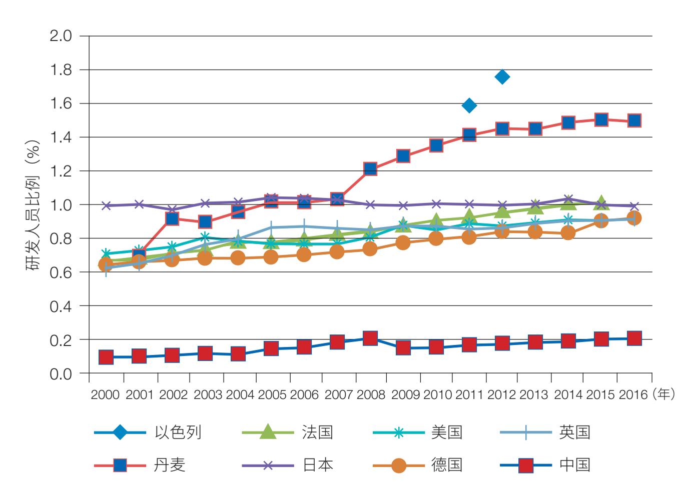


图 6　中国与科技发达国家研发人员比例比较（2000 年以来）
数据来源：OECD 数据库

3.8 国际贸易中知识产权使用费收支

国际贸易中知识产权使用费收入和支出是衡量一个国家市场化知识价值创造能力的核心指标。我国知识产权使用费收入和支出一直处于逆差状态，这表明我国还不是有价值的知识产权创造强国。据国际货币基金组织（IMF）统计[24,25]，中国 2017 年知识产权收入额为 47.79 亿美元，支出额为 286.61 亿美元，逆差为 238.82 亿美元。美国知识产权收入额为 1 280 亿美元，支出额为 480 亿美元，顺差为 800 亿美元，美国是知识产权创造和知识产权价值实现的最强国。英、德、法、日等科技强国也都处于知识产权贸易顺差状态。而据美国经济分析局的数据，美国对中国贸易中知识产权使用费收支一直处于顺差状态，并从 2007 年的 18.25 亿美元上升到 2016 年的 74.15 亿美元。据国务院新闻办公室 2018 年 9 月 24 日发布的《关于中美经贸摩擦的事实与中方立场》白皮书中也公布，中国对美国的知识产权使用费支出从 2011 年的 34.6 亿美元增加至 2017 年的 72 亿美元，两个来源的数据相当。

从中国国际贸易中知识产权使用费收支整体情况，以及与美国的知识产权贸易收支情况可以看出，中国的技术创新仍处于大部分技术靠从外国购买技术专利的阶段。我国亟待强化知识产权创造、保护、运用能力，鼓励大力培育高价值专利。中国要跻身创新型国家前列乃至成为世界科技强国，在知识产权国际贸易上，必须至少是知识产权贸易顺差国。

4 跻身创新型国家前列和科技强国的主要科技指标

科技强国的主要科技指标，是建设创新型国家的主要标志和奋斗方向。科技强国的主要科技指标，应当包括定量与定性两方面的指标。

基于上述分析，我国 2035 年跻身创新型国家前列、2050 年建成世界科技强国，需要在以下主要可量化的科技指标上不断提升，包括：研发投入强度；研发人员占就业人员比例；国际高被引论文占比；PCT 专利申请占比；国际贸易中知识产权使用费收支；诺贝尔科学奖获奖数；主要科技领域国际权威奖项（如数学、物理、计算机、医学、材料）获奖数等。

表 4 列出了我国与五大科技强国的主要科技指标 2017 年对比数据，以及我国 2035 年跻身创新型国家前列、2050 年建成世界科技强国的部分主要指标及其目标值。

此外，除了定量科技指标外，还需重视在定性指标方面的表现，包括：世界主要的科学中心；重大科技基础研究设施（国际一流）；原创重大科学理论发现；主导的国际大科学计划；关键领域核心技术；国际影响力科学大师（一批）；世界影响力科技期刊（一批）；国际一流创新研发机构（世界百强一批）；世界一流研究型大学（世界百强一批）；国际巨头创新骨干企业（世界百强一批）；高科技产业主要制造强国；完善的创新制度设计；宽松自由的创新生态环境；创新创造至上的价值观等。

5 讨论与建议

本文旨在研究科技强国的定量和定性评价指标体系，基于国际上有关国家创新能力和竞争力的主要代表性评价指标体系和研究报告，主要从科技维度进行分析，梳理了科技强国的主要科技指标体系，基于主要科

表4　2017年我国与科技强国主要科技指标对比及我国2035年、2050年主要科技指标目标

科技指标	中国	美国	英国	德国	日本	法国	中国目标	
	2017年						2035年	2050年
R&D投入强度（%）	2.1	2.7	1.7	2.9	3.1	2.2	3.5	4
每百位就业人员中的研发人员数量（%）	0.218*	0.914**	0.919*	0.919*	0.996*	1.012**	0.4	0.5
高被引（TOP 10%）论文比例（%）	14.01*	25.53*	6.00*	5.81*	3.32*	3.46*	20	25
PCT申请数量（每10亿美元GDP，购买力平价）	2.1	2.9	1.9	4.6	8.9	2.8	4	8
IP使用费支付占该国全部贸易比（%）	1.2	1.8	1.5	0.7	2.5	1.8	*X*	*Y*
IP使用费收入占该国全部贸易比（%）	0.1	5.0	2.0	1.2	5.0	2.1	>*X*	>*Y*
诺贝尔科学奖项（累计值）	2	172	73	61	14	28	≥10	≥20

数据来源：OECD数据库和《2018年全球创新指数》；其中*为2016年数据；**为2015年数据

技指标比较了我国与主要科技强国之间的差距，并面向跻身创新型国家前列以及建成世界科技强国的目标导向，进一步明确了包含研发投入强度、研发人员比例、高被引论文占比、PCT专利申请、知识产权贸易、诺贝尔科学奖项等在内的多项定量指标目标，以及世界主要的科学中心、重大科技基础研究设施、原创重大科学理论发现等一系列定性指标体系。

（1）本文讨论和列出了科技强国的主要指标体系，包括定量指标和定性指标。基于不同的观察视角，还可以提出其他更多指标。本文重点针对定量指标进行了我国与科技强国间的横向比较分析。此外，很多定性科技指标也是可以量化分析的，但刻意、简单地给出某个指标的数量值其实意义不大，要跻身创新型国家前列乃至建成世界科技强国，重要的是要在这些定性指标上有“质”的突破和大的发展。

（2）建设科技强国需要全面推进创新体系建设这个系统工程。一个国家能否跻身创新型国家前列乃至成为科技强国的决定因素不仅限于科技维度，还涉及诸如国家大小、人口、经济、文化、教育、政治和商业环境等诸多方面，而且这些方面是相互影响的。只要看看美国的世界一流大学的基础研究创新能力（如，仅以反映基础研究重大发现成果的诺贝尔科学奖为例），就不难理解美国为什么会成为科技强国，显然世界科技强国必须要有一流的创新教育。为跻身创新型国家前列乃至建设世界科技强国，我国需要进一步改革科技创新体制机制，完善创新体系和布局，以及加大创新政策供给，激发人才创新活力，持续增加科技投入，以及培育创新创造至上的社会价值观和科学创新文化等。本文仅从狭义的科技维度展开分析，并不是说其他方面不重要，恰恰其他一些方面的发展对科技强国建设具有决定性影响，也需要深入开展专门研究。

（3）稳步增加科技投入强度是建设科技强国的最直接驱动力。科技强国无一不重视科技投入，无一不在科技投入强度上处于领先位置。新中国成立以来特别是改革开放40年来，尤其是20世纪90年代末国家实施知识创新工程以来，我国科技发展在宽领域、多层次开始快速发展，取得举世瞩目的科技成就，一些领域从“跟踪”发展为“并跑”，个别领域取得“引领”优势，为我国经济社会发展作出了重大贡献。促进我国科技长足发展的一个重要的原因就是认识到科技创新对国家富强的极端战略重要性从而不断增加科技投入的结果。尽管我国研发投入强度已从2000年的0.90%升至2017年的2.12%，但与主要科技强国相比，中国在研发投入方面还存在显著的结构性问题，亟待解决：① 研发投入强度长期偏低，才达到2%左右，而科技发达国家研发投入强度长期在3%左右，有的甚至更高；② 我国基础研究研

发投入比重长期偏低，我国基础研究投入占研发投入的比例在5%左右，基础科学创新难以得到长期稳定和有力支持，导致科技供给能力不足；③ 企业研发经费投入强度（企业研发经费占主营业务收入之比）长期偏低，企业科技创新的活力和主动性明显不足。长期而稳定增加科技投入、调整完善科技投入配置结构，是建设科技强国的最关键措施。

（4）重视加强基础研究是建设科技强国的战略选择。基础研究是为了获得关于自然现象和观察事实背后的新知识的实验和理论研究工作，但事先并没有计划好的任何特定的应用和使用目的[26]。万尼瓦尔·布什（Vannevar Bush）在《科学：没有止境的前沿》中说，"基础研究产生新的知识，基础研究是技术进步的铺路石"。因此，没有基础研究，技术创新就是无源之水、无本之木。科技强国无一不是基础研究和科学创新强国。基础研究需要长期的科学积累，是一个长周期的艰辛探索过程。长期以来，我国主要依赖他国的原创知识发现供给，对人类知识体系发展产生重大贡献的重大原创性科学发现乏善可陈。过去百年来，以诺贝尔科学奖以及典型科技领域大奖为代表的科技奖励，是基础研究领域公认的重大成果，特别是诺贝尔科学奖是公认的科学皇冠上最耀眼的明珠，中国在建设科技强国的征程中必须有所作为。未来要跻身创新型国家前列乃至建成科技强国，就必须要重视基础研究，成为基础研究和科学创新强国。国家需要制定加强基础研究的战略规划和方针，尊重科学家对基础研究方向和研究路线选择的自主权，前瞻性开辟科技创新的新领域、新方向，持续稳定投入长周期基础前沿研究；在一批重大基础前沿交叉研究中取得科学突破，涌现一批"诺奖级"科学原创重大成果，为未来人类知识体系的丰富和建构做出中国贡献，更重要的是支撑现代化强国建设。

（5）聚焦创造和发展战略性科技产业是建设科技强国的根本支撑。科技强国必然是新兴科技产业强国、科技新产业创造强国。在产业链和产业网络高度全球化的今天，中国虽然不可能在所有产业领域都是世界一流，但必须在关系国家安全和经济命脉的战略性科技产业方面成为世界一流，否则就谈不上科技强国。我国科技在取得巨大进步的同时，在关键核心技术领域与美国等科技强国相比仍存在明显的差距、短板和被"卡脖子"问题。必须改变关键领域核心技术受制于人的局面，大力推动、突破一批重点领域的关键共性产业技术。中国的科技创新正处在从外源性向内生性转变的阶段，从过去主要依靠科技发达国家的知识创新供给到主要依靠自身的知识创造供给转变的阶段。因此，只有掌握核心领域的关键技术，才能真正掌握竞争和发展的主动权，从根本上保障国家经济安全和国防安全。

（6）必须强化国家战略科技力量，优化战略科技力量布局，前瞻布局未来战略科技领域的研发。需要明确国家战略科技力量在重大基础研究领域、重大关键核心技术领域的不同功能和定位，持之以恒开展重大基础研究、产业共性前沿核心技术创新的探索，减少短效评价对长期研发的行政干扰，力争在更多领域实现由"跟跑"变为"并跑"，甚至"领跑"，全面实现从"三跑并存，跟跑为主"到"三跑并存，并跑领跑为主"的重大转变。

我国科技创新严重不足，一个极端重要但长期被忽视的原因是，全社会都缺乏"创造创新至上"的社会价值观。我们的价值观、科学文化还远不适应建设科技强国的要求。要大力塑造崇尚科学精神的价值观，塑造宽松、自由、民主的科学文化环境，不断解放和激发人才的创造力。注重在全社会培育尊重知识、尊重人才、崇尚创新、包容失败的文化氛围，为科技创新发展创造良好的社会环境，而这是一个漫长的过程。

致谢 中国科学院成都文献情报中心任晓亚、张瑞红、谢黎、许轶、郑颖、李姝影等，中国工程院科技战略咨询研究中心门伟莉等对本文相关数据分析提供了帮助，特此致谢！

参考文献

1 白春礼. 科学谋划和加快建设世界科技强国. 中国科学院院刊, 2017, 32(5): 446-452.

2 穆荣平, 樊永刚, 文皓. 中国创新发展:迈向世界科技强国之路. 中国科学院院刊, 2017, 32(5): 512-520.

3 柳卸林, 丁雪辰, 高雨辰. 从创新生态系统看中国如何建成世界科技强国. 科学学与科学技术管理, 2018, (3): 3-15.

4 中国科学院. 科技强国建设之路：中国与世界. 北京：科学出版社, 2018.

5 任泽平，连一席，谢嘉琪. 中美科技实力对比：全球视角. [2018-07-25]. http://www.sohu.com/a/242761479_467568.

6 任泽平, 连一席, 谢嘉琪. 中美科技实力对比：关键领域视角. [2018-07-25]. http://www.sohu.com/a/242873893_467568.

7 任泽平，连一席，谢嘉琪. 中美科技实力对比：体制视角. [2018-07-25]. http://www.sohu.com/a/243194885_467568.

8 中国科技网. 亟待攻克的核心技术. [2018-06-15]. http://www.stdaily.com/zhuanti01/kjrbzl/hxjs.shtml.

9 胡志坚，玄兆辉，陈钰. 从关键指标看我国世界科技强国建设——基于《国家创新指数报告》的分析. 中国科学院院刊, 2018, 33(5): 471-478.

10 张志强. 洞察科技发展趋势，支撑科学发展决策——《世界科技研究与发展》2017年卷首语. 世界科技研究与发展, 2017, 39(1): 1-2.

11 冯江源. 大国强盛崛起与科技创新战略变革——世界科技强国与中国发展道路的时代经验论析. 人民论坛·学术前沿, 2016, (16): 6-37.

12 许海云, 张娴, 张志强, 等. 从全球创新指数（GII）报告看中国创新崛起态势. 世界科技研究与发展, 2017(5): 391-400.

13 WEF. Insight Report The Global Competitiveness Report. [2018-01-30]. http://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017–2018.pdf.

14 IMD. World Competitiveness Yearbook 2018. [2018-05-30]. https://www.imd.org/wcc/world-competitiveness-center-rankings/world-competitiveness-ranking-2018/.

15 GII. 2018年全球创新指数：中国突破前20名. [2018-07-13]. http://www.wipo.int/pressroom/zh/articles/2018/article_0005.html.

16 OECD. Science, Technology and Industry Scoreboard 2017. [2018-02-22]. http://www.oecd.org/sti/oecd-science-technology-and-industry-scoreboard-20725345.htm.

17 European Commission. European Innovation Scoreboard 2017. [2018-01-30]. http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/24829.

18 National Science Board. Science & Engineering Indicators 2018. [2018-02-22]. https://nsf.gov/statistics/2018/nsb20181.

19 Florida R, Mellander C, King K. The Global Creativity Index 2015. [2018-02-25]. http://www.martinprosperity.org/media/Global-Creativity-Index-2015.pdf.

20 European Commission. Science, Research and Innovation Performance of the EU (SRIP) report. [2018-03-10]. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/rec-17-015-srip-report2018_mep-web-20180228.pdf.

21 Dutta S, Lanvin B, Wunsch-Vincent S. Global Innovation Index 2018: Energizing the World with Innovation. [2018-07-13]. http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2018.pdf.

22 OECD. Gross domestic spending on R&D. [2018-03-01]. https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm.

23 OECD. Researchers. [2018-03-01]. https://data.oecd.org/rd/researchers.htm#indicator-chart.

24 International Monetary Fund. Charges for the use of intellectual property, payments (BoP, current US$). [2018-08-01]. https://data.worldbank.org/indicator/BM.GSR.ROYL.CD.

25 International Monetary Fund. Charges for the use of intellectual property, receipts (BoP, current US$). [2018-08-01]. https://data.worldbank.org/indicator/BX.GSR.ROYL.CD.

26 OECD. Frascati Manual 2002: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific and Technological Activities. [2018-05-10]. https://doi.org/10.1787/9789264199040-en.

Research on Main Scientific and Technological Indicators of Science and Technology Power

ZHANG Zhiqiang[1*]　TIAN Qianfei[1,2]　CHEN Yunwei[1]

(1 Chengdu Library and Information Center, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract　China has set the strategic goals and tasks of accelerating the construction of an innovative country (in the year of 2035) and the world science and technology powerhouse (in the year of 2050). Based on a number of international authoritative indicator systems and reports on national competitiveness and innovation capability evaluation, this study concludes the important and typical scientific indicators. Through horizontal benchmarking analysis on various indicators with the performance of world science and technology powers such as the United States, this study reveals the performance and gaps of China on these various indicators, proposes the quantitative and qualitative targets for China to enter the forefront of innovative countries in 2035 and to construct the world-class science and technology powerhouse in 2050, and finally gives relevant development proposals.

Keywords　innovative countries, science and technology power, evaluation indicator system, scientific and technological evaluation indicators



张志强　中国科学院成都文献情报中心主任，研究员、博士、博士生导师，中国科学院特聘核心研究员。“新世纪百千万人才工程”国家级人选，四川省千人计划入选者。独立或合作出版专著（编著）20部、出版译著13部、发表论文400余篇。获得省部级科技进步奖、社会科学优秀成果奖等科技成果奖励18项。主要研究领域：科技战略与规划、科技政策与管理、情报学理论方法与应用、生态经济学与可持续发展等。E-mail: zhangzq@clas.ac.cn

ZHANG Zhiqiang　Professor, Ph.D., doctorial tutor, Director of Chengdu Library and Information Center, Chinese Academy of Sciences (CAS), and candidate of the New Century National Talents Project, Thousand Talents Program Awardee of Sichuan Province. His major research fields are strategic planning for scientific and technologic development, science policy and research management, methods and applications of information analysis, ecological economics, and sustainable development. He has published more than 400 articles, independently and collaborately authored 20 books, and translated 13 books. He has also achieved 18 ministry level awards. E-mail: zhangzq@clas.ac.cn

■责任编辑：岳凌生

*Corresponding author